

УДК 62-1/9

РАСЧЁТ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ В КАМЕРЕ ЖРД С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ANSYS FLUENT

Торгашин А. С., Бегишев А. М., Толстомятов М. И.

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск

В настоящее время многие задачи, стоящие перед разработчиками, в той или иной степени не поддаются аналитическому решению, либо требуют огромных затрат на экспериментальную реализацию. Именно по этим причинам внедрение программных комплексов инженерного анализа в процесс проектирования и производства дает возможность облегчить или избежать дорогостоящие и длительные циклы разработки изделия на различных его этапах. Одним из самых мощных распространённых программных комплексов является программа Ansys.

Для исследования широкого спектра проблем гидрогазодинамики в пакете Ansys существует такой модуль как Fluent. Возможности данного модуля позволяют моделировать течение компонентов топлива через форсунки жидкостного ракетного двигателя (ЖРД), проанализировать процесс смесеобразования и определить необходимые физические параметры потока.

Улучшение качества смесеобразования с помощью струйных форсунок организуют за счет столкновений струй компонентов топлива, подаваемых несколькими струйными форсунками или удара струи и ее последующего разрушения о специальную поверхность [1]. В зависимости от физических свойств жидкости, скорости сближения капель и их размеров, в результате соударения капель могут происходить различные процессы их взаимодействия (взаимный отскок, слияние, разбрызгивание и т.д.) [2]. Смоделируем вариант столкновения струй. В качестве геометрической модели были взяты: участок полости, представляющий собой пространство от огневого днища с двумя струйными форсунками до места столкновения струй, и участки полостей подвода компонента к форсункам. Днище выполнено как пространственный угол, а, соответственно, форсунки на днище представляют собой отверстия на его поверхностях. При построении пространственной сетки для более точного решения исходной задачи произведено локальное уменьшение размеров конечных элементов сетки в зоне кромок выходного отверстия форсунок. В качестве компонентов топлива были выбраны: горючее – керосин, генераторный газ – кислород. В качестве граничных условий были выбраны: давление на входе в форсунки 23 МПа и в камере сгорания 22 МПа, скорости истечения компонентов (скорость горючего 48,514 м/с и скорость генераторного газа 304,265 м/с). В нашем случае в процессе смесеобразования образуется многофазный поток, представляющий собой поток капель керосина в непрерывном потоке генераторного газа, с избытком кислорода при наличии действия воздуха находящегося в полости камеры сгорания.

Так как мы рассматриваем моделирование истечения компонентов из форсунки, то здесь имеет место турбулентное течение, для которого необходимо выбрать способ моделирования турбулентности. Наиболее часто при решении реальных инженерных задач используется модель турбулентности $k-\epsilon$ [3]. В ней буферный слой не моделируется, а используются пристеночные функции. Они нужны для описания эффекта ламинарно-турбулентного перехода, когда в узком пристеночном слое течение можно считать ламинарным.

В качестве математической модели, описывающей процесс течения, была выбрана модель Эйлера-Эйлера, позволяющая моделировать несколько отдельных, но

взаимодействующих фаз. Фазы могут быть жидкостями, газами или твердыми веществами практически в любой комбинации, для каждой из которой используется Эйлерова обработка, в отличие от обработки Эйлера-Лагранжа, используемой для дискретных фаз.

В ходе решения была получена следующая картина течения (см. рис.1).

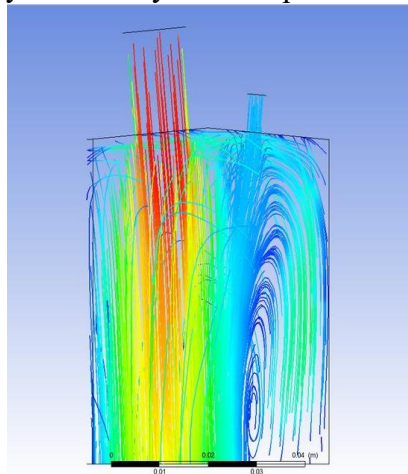


Рис.1. Распределение течения компонентов топлива из струйных форсунок.

Как и во многих программных комплексах при визуализации результатов расчёта можно продемонстрировать изменение скорости компонентов в процессе истечения, в том числе проанализировать изменение скорости при столкновении и смешении струй компонентов топлива. На рисунке 1 можно видеть нестационарное течение компонентов топлива в конце временного отрезка расчёта. В процессе истечения жидкости из сопла наблюдается завихрение потоков газа. Необходимо отметить, что скорость компонентов в ядре практически не меняется, однако по краям течения наблюдается замедление, вследствие смешивания компонентов с воздухом.

Можно выделить наиболее важные возможности и особенности программного комплекса инженерного анализа Ansys, которые являются наиболее полезными при моделировании течения компонентов топлива через форсуночную головку ЖРД. Первое – это возможность расчёта смесеобразования жидких и газообразных компонентов топлива, что не допускается в иных программных комплексах. Также Ansys имеет возможность подключения химических реакций, что может позволить смоделировать процесс воспламенения компонентов топлива при смешении, что в свою очередь увеличивает круг задач, доступных при анализе процесса смесеобразования в ЖРД.

Библиографический список

1. Васильев, А. П., Кудрявцев, В. М., Кузнецов, В. А. и др. Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей [Текст]/ А. П. Васильев, В.М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов и др.// В 2 кн. Кн. 1 – М.: Высш. шк. – 1993. - 383 с..
2. Пажи, Д. Г., Галустов, В. С. Основы техники распыливания жидкостей [Текст]/ Д. Г. Пажи, В. С. Галустов// М.: Химия. – 1984. - 256 с.
3. Фёдорова, Н. Н., Вальгер, С. А., Данилов, М. Н. и др. Основы работы в ANSYS 17 [Текст]/ Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов и др.// М: ДМК Пресс – 2017. - 210 с.